

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-303196

(43)公開日 平成6年(1994)10月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 4 B 10/04  
10/06  
10/00

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9372-5K H 0 4 B 9/ 00  
9372-5K

L

B

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-85964

(22)出願日 平成5年(1993)4月13日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 内海 邦昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 田辺 学

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 武知 秀明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

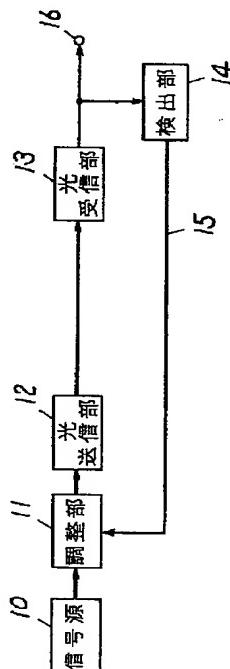
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光伝送方式

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 周波数多重ディジタル信号で直接強度変調する光伝送において、所望の符号誤り率を達成するための光変調度および周波数多重チャンネル数の設定条件を決定できる光伝送方式および自動的に設定する手法を提供する。

【構成】 送信側には周波数多重ディジタル信号の信号源10と光変調度または周波数多重チャンネル数または両者を調整する調整部11と光信号に変換して光受信部に送信する光送信部12とが設けられ、受信側には光受信部13と電気信号に変換された信号の歪の瞬時最悪値を検出し、送信側にその情報を送る検出部14が設けられている。受信側において受信信号の歪の瞬時最悪値を検出し、その情報を送信側へ送る。送信側はその情報をもとに所望の符号誤り率を達成するための光変調度および周波数多重チャンネル数の設定条件を決定し、調整部でその条件を実現し光送信部へ出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、所望の符号誤り率を達成するための前記周波数多重ディジタル信号の光変調度および周波数多重チャンネル数の設定条件を、前記周波数多重ディジタル信号による歪の瞬時最悪値から決定することを特徴とする光伝送方式。

【請求項2】周波数多重ディジタル信号の変調方式が $\pi/4$ シフトQPSK(4値位相変調)信号であることを特徴とする請求項1記載の光伝送方式。

【請求項3】周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、前記周波数多重ディジタル信号による歪の瞬時最悪値を検出し、前記歪の瞬時最悪値が所定の値以上となった場合、警告を出すことを特徴とする光伝送方式。

【請求項4】周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、受信側で前記周波数多重ディジタル信号による歪の瞬時最悪値を検出し、送信側にその情報を送り、送信側においては前記情報に応じて前記周波数多重ディジタル信号の光変調度または周波数多重チャンネル数または両者を調整することを特徴とする光伝送方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光CATVや携帯電話信号光伝送システムに用いられるような周波数多重ディジタル信号を伝送する光伝送システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】周波数多重信号の光伝送は、田辺他、「80チャンネル AM-FDM TV信号光伝送装置」、ナショナルテクニカルレポート Vol. 36 No. 6 Dec. 1990や、C. J. Chung and I. Jacobs, "TV channel capacity of lightwave multichannel AM SCM systems as limited by laser threshold nonlinearity", in Optical Communication Conference, March 1992, pp. 18-19に示されているように非常に歪特性を有する。このような特徴により、ディジタル変調信号を含む周波数多重光伝送システムにおいて、各チャンネルの信号の光変調度の和が1以上となるような場合でも、I. M. I. Habbab, "Multichannel M-QAM For CATV Distribution", LEOS Summer Topical Meeting Digest, Wednesday, July 29, 1992 WB4 pp. 21-22にあるように

10

20

30

40

50

高品質な伝送が可能と考えられている。

【0003】ディジタル変調信号は、小さな搬送波対雑音比(以下、CNRとする)でも高品質な伝送が可能である。したがって、光変調度を小さく設定して光伝送しても、J. G. Proakis "Digital Communications" Second Edition, McGraw-Hill Book Company, pp. 234-285で与えられる所要のCNRと符号誤り率の関係におけるCNRが得られれば、伝送品質を確保できると考えられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】一方、半導体レーザ(以下、LDとする)光を周波数多重信号で直接強度変調し、光伝送する場合の歪量はLDの特性により決まる。特に、周波数多重信号のLD変調電流値がLDの閾値電流値以下になるとによる波形クリッピングのため瞬時的な歪が発生する。この波形クリッピングはLD光を直接強度変調して信号を伝送する場合、多重信号の各チャンネルの光変調度の和(以下、最大光変調度とする)が1以上(以下、過変調と呼ぶ)となれば、原理的に発生する現象であり、回避することはできない。この波形クリッピングによる歪は、瞬時的なものであり、したがって平均値で考えると符号誤り率に影響する値ではないが、瞬時的なものであるため、その符号誤り率への影響は無視できないと考えられる。

【0005】このような歪については従来はほとんど考慮されていなかったが、実験的には次のように観測される。すなわち、図5は33チャンネルの $\pi/4$ シフトQPSK信号を光伝送したときの符号誤り率特性である。

但し、符号誤り率を測定する1つのチャンネルを除く他の32チャンネルは変調されていない正弦波である。縦軸は符号誤り率、横軸は符号誤り率を測定する中央のチャンネルである $\pi/4$ シフトQPSK信号の他の32チャンネルに対する相対的光変調度(以下、QPSK相対変調度とする)である。32チャンネルの光変調度はすべて等しく、その1チャンネル当たりの光変調度mがパラメータである。QPSK相対変調度が0 dBの時、33チャンネルすべてが等しい光変調度となる。

【0006】各チャンネル配置は822.8~829.2MHzで200kHz間隔で33チャンネルあり、その中央チャンネルの $\pi/4$ シフトQPSK信号の周波数は826MHzである。正確には $\pi/4$ シフト差動QPSK変調でルートナイキストフィルタ特性、ロールオフ率 $\alpha=0.5$ で42kbpsの15段の疑似ランダム信号で変調されている。

【0007】図5からわかるように、1チャンネル当たりの変調度mが4.2%より大きくなると、符号誤り率特性が悪くなり、1チャンネル当たりの変調度mが大きくなればなるほど特性が悪くなることがわかる。1チャンネル当たりの変調度mが約3.3%までは過変調とはならな

く ( $3 \times 3\% \times 32 = 1.06$ )、1 チャンネル当りの変調度  $m$  が 4.2% 程度までは過変調が起きても確率的に小さくその影響がほとんど符号誤り率特性に変化を与えないが、それ以上では過変調の影響により、急激に符号誤り率特性が劣化している。この条件では CNR は十分大きく、符号誤り率特性の劣化は過変調によるものであることは明かである。

【0008】狭帯域信号であるので、符号誤り率特性へ主たる影響を与えるのは CNR と CTB (コンポジットトリブルビート) であり、通常はこれらを測定することによってアナログ的伝送特性を評価している。混変調歪は CTB と同様の考え方で扱えるのでここでは歪は CTB だけを考える。上記の符号誤り率を測定した実験系での CNR と CTB の測定結果である光変調度特性を図 6 に示す。縦軸は CNR と CTB、横軸は 1 チャンネル当りの変調度  $m$  であり、この測定時は中央チャンネルの  $\pi/4$  シフト QPSK 信号は入力せず、このチャンネルの周波数である 8.26 MHz で CNR と CTB を測定した。ただし、両者ともスペクトラムアナライザを用いて時間平均して測定した値である。先に示した図 5 からわかるように、過変調の影響がない場合は前記文献に示された従来の理論で CNR と符号誤り率特性の関係を考えることはできるが、過変調の影響が出始めると、変調度  $m$  が大きくなるにしたがって符号誤り率特性は劣化し、たとえば符号誤り率  $10^{-6}$  を達成するための QPSK 相対変調度 (以下、 $m$  (QPSK) とする) は、1 チャンネル当りの変調度  $m$  が 4.2% から 7.3% に増加するにしたがって約 -5.3 dB から約 -1.6 dB に約 3.7 dB 劣化している。ところが図 6 に示した CTB はそのような大きな劣化は示していない。CNR にいたっては当然のことながら変調度  $m$  が大きくなるにしたがって良くなっている。

【0009】上記のように CNR と CTB から符号誤り率特性を推定することはできず、前記文献に示された従来の理論で CNR と符号誤り率特性の関係を考えることは過変調の影響がある場合できない。したがって、符号誤り率測定装置を送信側と受信側に設置し、直接符号誤り率を測定する以外伝送性能を評価することができず、また最適な光変調度や周波数多重チャネル数を設定できないという課題があった。

【0010】本発明はこれらの課題を解決し、周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、所望の符号誤り率を達成するための前記周波数多重ディジタル信号の光変調度および周波数多重チャネル数の設定条件を過変調の場合も歪の瞬時最悪値から決定できる光伝送方式および上記動作を自動的に行う手法を提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】送信側には周波数多重ディジタル信号の信号源と、前記周波数多重ディジタル信

号の光変調度または周波数多重チャネル数または両者を調整する調整部と、前記調整部出力を光信号に変換して光受信部に送信する光送信部とが設けられ、受信側には光受信部と、光受信部で電気信号に変換された信号の歪の瞬時最悪値を検出し、送信側にその情報を送る検出部が設けられた構成とする。

#### 【0012】

【作用】周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、受信側においては受信した信号の歪の瞬時最悪値を検出し、その情報を送信側へ送る。送信側においてはその情報をもとに所望の符号誤り率を達成するための前記周波数多重ディジタル信号の光変調度および周波数多重チャネル数の設定条件を決定し、調整部でその条件を実現し光送信部へ出力する。これにより所望の符号誤り率特性で光伝送を実現する。

【0013】装置作製時において LD 等の性能に応じて周波数多重ディジタル信号の光変調度および周波数多重チャネル数の設定条件を決定する際、スペクトラムアナライザで光伝送後の歪の瞬時最悪値を測定し、所望の符号誤り率特性を実現できる値となるように決定すればよい。

#### 【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0015】図 1 は本発明の第 1 の実施例における光伝送装置のブロック図を示すものである。

【0016】図 1 において、10 は周波数多重ディジタル信号の信号源、11 は前記周波数多重ディジタル信号の光変調度または周波数多重チャネル数または両者を調整する調整部、12 は前記調整部出力を光信号に変換して光受信部に送信する光送信部、13 は光受信部、14 は光受信部で電気信号に変換された信号の歪の瞬時最悪値を検出し、送信側にその情報を送る検出部、15 は検出部出力、16 は伝送出力である。

【0017】以上のように構成された本実施例の光伝送装置について、以下その動作を説明する。

【0018】信号源 10 からの周波数多重ディジタル信号は調整部 11 でその光変調度または周波数多重チャネル数または両者を調整され、光送信部 12 に入力する。光送信部 12 で光信号に変換され、伝送後前記光信号は光受信部 13 で電気信号に変換される。光受信部 13 の出力が本光伝送装置の伝送出力 16 である。検出部 14 は伝送出力 16 における歪の瞬時最悪値を検出し、その情報を検出部出力 15 として送信側の調整部 11 に送る。検出部出力 15 の送信方法は光ファイバや同軸ケーブル等伝送路に依存しない。調整部 11 は検出部出力 15 に応じて所望の符号誤り率特性を達成するために、周波数多重ディジタル信号の光変調度または周波数多重チャネル数または両者を調整し光送信部に出力する。

この光変調度および周波数多重チャンネル数の調整に関する詳細を以下に示す。

【0019】図6にCNRとCTBの光変調度特性を示したが、両者ともスペクトラムアナライザを用いて時間平均して測定した値であるが、前記のようにこれらから符号誤り率特性の劣化を推定することはできなかった。これに対し、CTBの瞬時最悪値[CTB<sub>worst</sub>]の光変調度特性の測定結果を図2に示す。瞬時最悪値とは今回の測定ではアドバンテスト社製スペクトラムアナライザTR4172のマックスホールドモードで測定した値であり、この時の測定条件はスパン100kHz、スイープ時間500ms、分解能3kHz、ビデオ帯域幅3kHzで10分間の最悪値である。図2からわかるように1チャンネル当りの変調度mが4.2%から7.3%に増加するのにしたがってCTB瞬時最悪値は約-6.5dBから約-2.8dBに約3.7dB劣化している。この劣化量は前記の符号誤り率10<sup>-6</sup>を達成するためのQPSK相対変調度m(QPSK)の劣化量に等しい。このm(QPSK)とCTB瞬時最悪値と共に図3に示す。この図から両者がほとんど同じ劣化傾向を示していることがわかる。参考にこの両者の差を光変調度mに対して図示すると、図4となる。このように両者の差は1チャンネル当りの変調度mが4.2%以上では1.2dB程度でほとんど一定である。

【0020】以上述べたように、m(QPSK)とCTB瞬時最悪値とはほとんど一定の関係を有しているので、CTB瞬時最悪値がある値となるようにすれば自動的に符号誤り率特性が設定できることになる。たとえば、目標仕様として符号誤り率10<sup>-6</sup>をマージン20dBで達成しようとすると、m(QPSK)が-20dBとなるようにすればよい。そのための光変調度mは図3から約6.7%であることがわかる。同時にこの時のCTB瞬時最悪値は約-3.3dBとなることがわかる。したがって、CTB瞬時最悪値を測定しながらその値が-3.3dBとなるように光変調度mを設定すれば、自動的に光変調度mが6.7%となり、目標仕様が達成される。この動作を自動的に行うのが図1の光伝送装置である。目標仕様を下回ったことを発見するだけでよいのであれば、検出部14はCTB瞬時最悪値をモニターしておき、目標仕様に対応するCTB瞬時最悪値より悪い値を検出した場合、警報を出すようにすればよい。

【0021】周波数多重信号の光変調度mと周波数多重チャンネル数の平方根の積、これを総合変調度と呼ぶが、これを一定にしておけばLDを変調する信号全体の電流振幅分布は同じであるのでLDを変調する条件は同

じとなる。本実施例では光変調度mを調整する場合の数値条件を示したが、総合変調度で考えれば、所望の符号誤り率特性を達成するために総合変調度を設定すればよいことになる。つまり、光変調度mを変更する代わりに周波数多重チャンネル数を変えてよいことになる。ただし、周波数多重チャンネル数を変える場合、その平方根で効くので光変調度に対して2乗の割合で変える必要がある。

【0022】本実施例においては検出部14を受信側に設けて送信側に情報をフィードバックする構成としたが、検出部14を送信側に設け、光送信部12の光出力の一部を取り出し、そこでの歪の瞬時最悪値を検出し、その情報を調整部11へフィードバックする構成としてもよい。

【0023】なお本実施例においては変調方式をQPSKとしたがQAM(直交振幅変調)等他のディジタル変調信号に対しても有効である。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、周波数多重ディジタル信号で半導体レーザ光を直接強度変調して伝送する光伝送において、所望の符号誤り率を達成するための前記周波数多重ディジタル信号の光変調度および周波数多重チャンネル数の設定条件を歪の瞬時最悪値から決定でき、またその動作を自動的に実現でき、その実用的效果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における光伝送装置のを示すブロック図

【図2】CTBの瞬時最悪値[CTB<sub>worst</sub>]の光変調度特性図

【図3】符号誤り率10<sup>-6</sup>を達成するためのQPSK相対変調度m(QPSK)とCTB瞬時最悪値[CTB<sub>worst</sub>]の光変調度特性図

【図4】QPSK相対変調度m(QPSK)とCTB瞬時最悪値[CTB<sub>worst</sub>]の差の光変調度特性図

【図5】符号誤り率特性図

【図6】CNRとCTBの光変調度特性図

【符号の説明】

10 周波数多重ディジタル信号の信号源

11 調整部

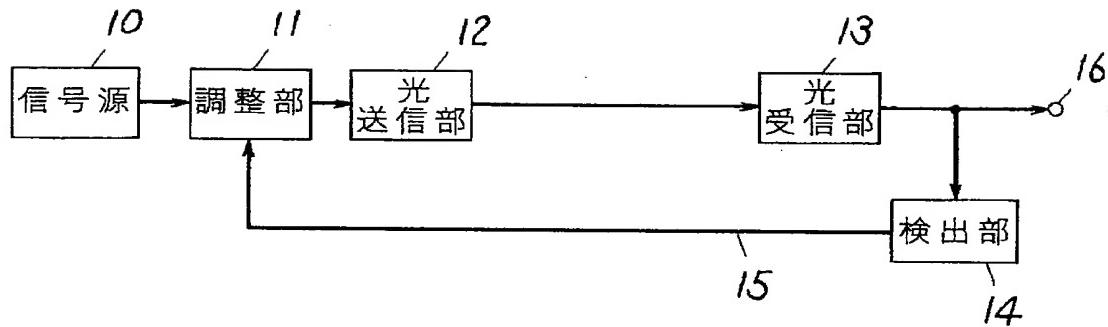
12 光送信部

13 光受信部

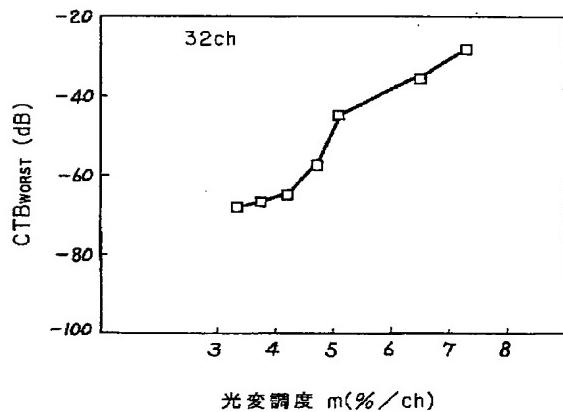
14 検出部

16 伝送出力

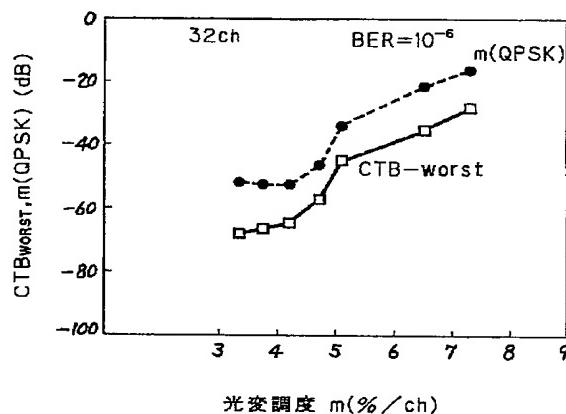
【図1】



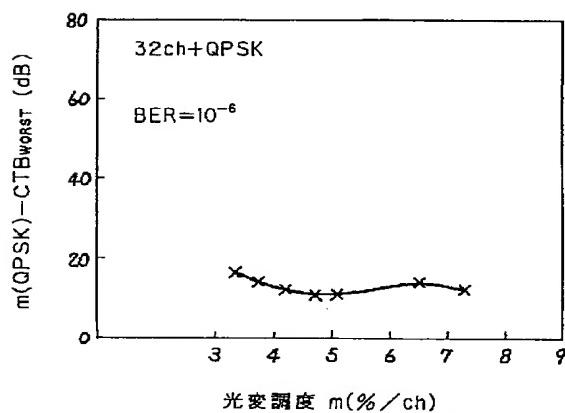
【図2】



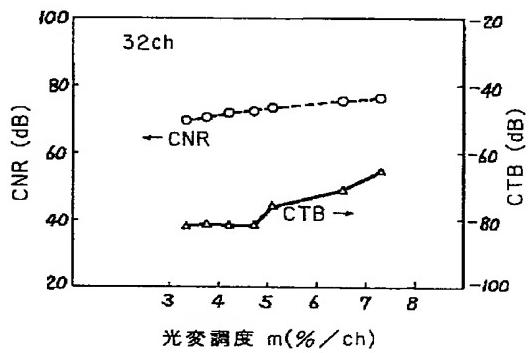
【図3】



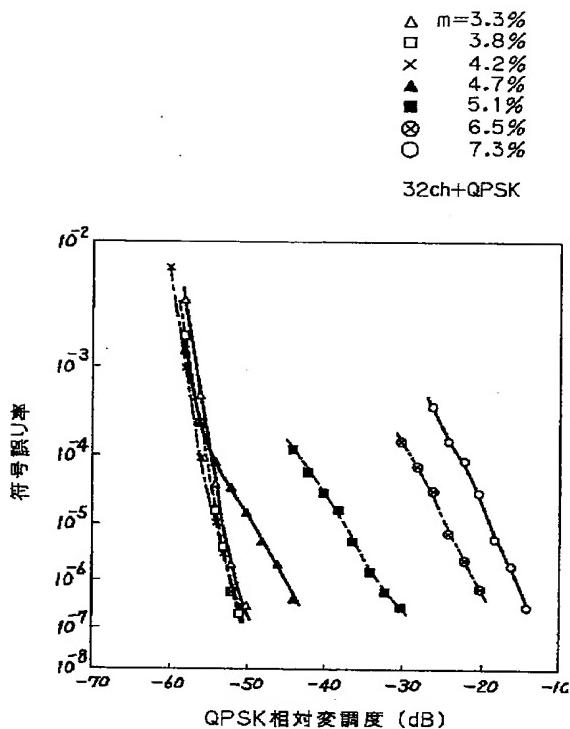
【図4】



【図6】



【図5】




---

フロントページの続き

|                           |           |         |              |        |
|---------------------------|-----------|---------|--------------|--------|
| (51) Int.C1. <sup>s</sup> | 識別記号      | 序内整理番号  | F I          | 技術表示箇所 |
| H 0 4 J 14/02             |           |         |              |        |
| H 0 4 L 27/18             | Z 9297-5K | 9372-5K | H 0 4 B 9/00 | E      |

(72)発明者 笹井 裕之  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-303196  
 (43)Date of publication of application : 28.10.1994

(51)Int.Cl.

H04B 10/04  
 H04B 10/06  
 H04B 10/00  
 H04J 14/02  
 H04L 27/18

(21)Application number : 05-085964

(22)Date of filing : 13.04.1993

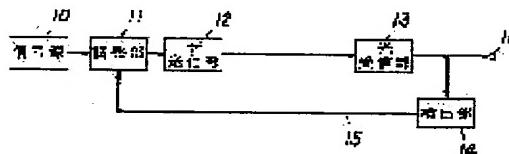
(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72)Inventor : UCHIUMI KUNIYUKI  
 TANABE MANABU  
 TAKECHI HIDEAKI  
 SASAI HIROYUKI

**(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To obtain an optical transmission system which is capable of determining both the setting conditions of the optical modulation degree for attaining a desired code error ratio and the number of frequency multiple channel and a technique setting the conditions automatically, in an optical transmission where a direct intensity modulation is performed by a frequency multiple digital signal.

**CONSTITUTION:** In a transmission side, the signal source 10 of a frequency multiple digital signal, an adjusting part 11 adjusting an optical modulation degree, the number of frequency multiple channel or the both of them, and an optical transmission part 12 converting the signal into an optical signal and transmitting it to an optical reception part are provided. In a reception side, an optical reception part 13 and a detection part 14 detecting the instantaneous worst value of the distortion of a signal converted into an electrical signal and delivering the information to the transmission side are provided. Then in the reception side, the instantaneous worst value of the distortion of the reception signal is detected and the information is delivered to the transmission side. In the transmission side, the setting conditions of the optical modulation degree for attaining a desired code error ratio and the number of frequency multiple channel are determined based on the information, the conditions are realized in the adjusting part and they are outputted to the optical transmission part.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]